

## **Рецензія**

доктора фіз-мат. наук Сергія Володимировича Шкляра  
на дисертаційну роботу Євгена Юрійовича Саприкіна  
«Методика виявлення малорозмірних компактний об'єктів на  
основі комплексування даних аерознімання різної фізичної  
природи», яку представлено на здобуття ступеня доктора  
філософії з галузі знань 17 — Електроніка, автоматизація та  
електронні комунікації  
за спеціальністю 172 — Електронні комунікації та радіотехніка

### **1 Актуальність теми дисертації**

Застосування БПЛА для виявлення мін та нерозірваних боєприпасів дозволяє підвищити безпеку, швидкість та ефективність розмінування. Відомі методи знаходження об'єктів на одному зображенні. Тому тема дисертації є актуальною.

### **2 Об'єкт та предмет дослідження**

Об'єкт дослідження — процес виявлення компактних об'єктів (зокрема мін) за допомогою БПЛА, які можуть нести сенсори, що отримують дані різної фізичної природи.

Предмет дослідження — методика обробки даних різної фізичної природи з метою виявлення компактних об'єктів, зокрема методика комплексування даних.

### **3 Достовірність одержаних результатів**

Висновки є обґрунтованими. Теоретичні оцінки підтверджуються поставленим імітаційним експериментом.

### **4 Методи дослідження**

Для побудови методики виявлення мін використовувались такі методи та техніки:

- конволютивні нейронні мережі, зокрема YOLO та мережі з можливістю донавчання;
- статистичні методи виявлення аномалій;
- комплексування експертних оцінок, отриманих різними методами, зокрема байєсівське підсумовування ймовірностей.

## **5 Наукова новизна та практичне значення отриманих результатів**

Вперше розроблено методику виявлення компактних об'єктів за допомогою БПЛА. Ця методика включає

- рекомендації щодо відбору типів даних, які будуть застосовані для виявлення об'єктів;
- оптимальну схему навчання нейронної мережі, яка включає, зокрема, визначення необхідності застосування попередньо навченої нейронної мережі або мультиплексування даних.
- мультиплексування оброблених даних, отриманих різними методами.

Побудовано архітектуру та проведено оптимізацію параметрів нейронної мережі архітектури YOLO, попередньо навченої загальнодоступним набором даних для виявлення мін на зображеннях. Проведено тестування розробленої методики. Результати тестування показують підвищення показника узагальненої середньої точності mAP50 з 0.316 до 0.983 та досягати показника достовірності 0.8 при практично повній чутливості.

Розроблено геоінформаційну платформу, яка забезпечує планування польоту БПЛА, збереження результатів вимірювання, обробку даних, та збереження результатів знаходження об'єктів.

## **6 Практична значимість та важливість для галузі**

Розроблена методика була використана в Інституті наукових досліджень з цивільного захисту.

## **7 Оцінка змісту дисертації, її довершеності**

Дисертація складається з анотації та змісту, чотирьох розділів змістовної частини, висновків та чотирьох додатків. Уся дисертація складається з 152 сторінок, а її змістова частина з 107 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми з посиланнями на літературу та розкрито зв'язок з науковими темами, сформульовано мету дослідження, наведено методи дослідження. показано новизну та практичне значення одержаних результатів, дані про публікацію результатів дослідження та апробацію матеріалів дисертації, та кількісно наведено структуру дисертації.

У розділі 1 дисертації наведено огляд сенсорів, які можуть бути встановлені на БПЛА, для отримання даних різної природи; а також огляд методів виявлення компактних об'єктів. Намічено задачі, які потрібно розв'язати для побудови методики.

У другому розділі розглянуто дані різної фізичної природи: зображення видимого діапазону, інфрачервоні зображення та дані магнітометрії. Для кожного типу даних проведено аналіз методів для їхньої обробки.

Також наведено методи комплексування даних. Зроблено висновок про доцільність застосування нейронних мереж для обробки зображень та статистичних методів виявлення аномалій для обробки даних магнітометрії. Для комплексування даних різної природи запропоновано застосовувати об'єднання вже чисельних результатів обробки даних — достовірностей виявлення об'єктів.

У розділі 3 запропоновано методику виявлення об'єктів за допомогою БПЛА. Ця методика включає рекомендації щодо відбору даних для виявлення об'єктів виходячи з метеорологічної обстановки, фізичних властивостей об'єктів та можливостей, а також рекомендації щодо вибору нейронної мережі для обробки зображень. Обирати нейронну мережу з можливістю донавчання рекомендовано у випадку недостатнього розміру навчальної вибірки. Згідно з попереднім розділом, для обробки даних магнітометрії використовується статистичний метод виявлення аномалій. Для комплексування результатів обробки даних різної фізичної природи рекомендовано застосовувати метод байєсівського підсумовування ймовірностей.

Також запропоновано схему геоінформаційної платформи чи системи для планування маршруту БПЛА, збереження даних аерозйомки, їх обробки та збереження результатів.

У розділі 4 проведено тестування методики та порівняння її з іншими методами.

У додатках розміщені ілюстрація на всю сторінку, перелік публікацій автора за темою дисертації, зразки програмного коду та акт впровадження.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею. Вона свідчить про наявність особистого внеску здобувача до наукового напрямку «технічні науки».

Звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння текст свідчить, що робота Євгена Саприкіна є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів компіляції, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів містять посилання на джерела. Машинно-згенерованого тексту не виявлено.

Дисертація написана українською мовою. Дисертація добре структурована, написана зрозуміло та з використанням термінології, прийнятої у побудові нейронних мереж. Певним недоліком є повтори, але це не заважає сприйманню інформації.

## **8 Публікації**

Зміст дисертації достатньо висвітлений у публікаціях автора. Результати викладено в одному розділі монографії, 7 статтях (з яких одна стаття в українському виданні категорії А, 4 статті у виданнях категорії Б, інші статті в іноземних періодичних виданнях; 3 статті індексовано у Scopus) та 5 тезах міжнародних конференцій. За результатами розробок отримано

одне свідоцтво про реєстрацію авторського права та подано одну заявку на патент.

## **9 Дискусійні положення та зауваження**

Дисертаційна робота містить дискусійні положення.

1. При байєсівському підсумовування оцінок вважалось, що апіорні ймовірності наявності мін кожного типу однакові.
2. При об'єднанні класів об'єктів, зокрема при роботі системи в режимі єдиного класу може порушуватись умовна незалежність між вимірними даними різної природи.
3. Для характеристик якості виявлення варто вказувати точність, особливо коли йдеться, що досягнуто показник повноти виявлення мін, рівний 1.

Також у дисертаційну роботу можна б було внести зміни, які б полегшили її читання.

1. Варто було б описати структуру роботи у вступі з посиланнями на розділи дисертації. Ця інформація міститься у змісті роботи.
2. У роботі наведені означення середньої точності та достовірності виявлення об'єктів, але їх потрібно шукати. Можна б було анонсувати означення достовірності (4.4) у пунктах 1.3 або 4.1.2 поруч із означеннями інших показників якості виявлення об'єктів. Або ж можна було додати перелік позначень.
3. Варто було явно зазначити, які саме результати експерименту наведені в таблиці 4.1. Згідно із текстом під таблицею, це частота асоціації класів об'єктів базового набору даних, які розпізнаються попередньо навченою нейронною мережею, для конкретного цільового класу та оцінка достовірності.

Наведені недоліки не зменшують цінність дисертації, а лише трохи ускладнюють її прочитання.

## **Висновок**

За результатами вивчення дисертаційної роботи Є.Ю. Саприкіна та опублікованих ним наукових праць за темою дисертації можна зробити висновок, що робота є завершеним кваліфікаційним дослідженням. У роботі вирішене наукове завдання розробки методики виявлення компактних об'єктів з використанням даних різної природи та методів машинного навчання. Наукові результати дозволили це зробити у повному обсязі. За своїм змістом та одержаними результатами робота, незважаючи на зауваження, задовольняє вимоги пунктів 6-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення вченої ради закладу

вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44, а її оформлення відповідає наказу МОН України від 12 липня 2019 року № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (зі змінами), а її автор Салприкін Євген Юрійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 17 — Електроніка, автоматизація та електронні комунікації за спеціальністю 172 — Електронні комунікації та радіотехніка.

Рецензент доктор фіз-мат. наук  
провідний науковий співробітник  
відділу геопросторового  
моделювання в аерокосмічних  
дослідженнях Державної установи  
«Науковий центр аерокосмічних  
досліджень Землі Інституту  
геологічних наук НАН України»

СШкляр

Сергій Шкляр

Сергій Шкляр С.В. завідувач  
участком аерокосмічних досліджень  
ІНСТИТУТУ ГЕОЛОГІЧНИХ НАУК НАЦІОНАЛЬНОЇ  
АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ  
Ідентифікаційний код 04778363

